

О КОМПЛЕКСНОМ ИЗМЕРЕНИИ СОСТОЯНИЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Швецова Анжела Александровна¹, ассис.

Аверин Геннадий Викторович², д-р техн. наук, проф.

Звягинцева Анна Викторовна², д-р техн. наук, доц.

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, Белгород, Россия, 308015; e-mail: mikhajjlovaangela@yandex.ru

² Донецкий национальный университет, ул. Университетская, 24, Донецк, Украина, 283001; e-mail: averin.gennadiy@gmail.com; anna_zv@ukr.net

Цель: статья посвящена разработке метода измерения состояний социально-экономических объектов по комплексу показателей с использованием геометрических мер сходства и построением шкал, позволяющих провести попарное сравнение объектов между собой. *Обсуждение:* учитывая, что проблема объективного измерения состояний объектов по комплексу показателей в эконометрике до конца не решена, авторы предлагают при комплексном измерении каждому наблюдаемому состоянию присвоить некое число, как эмпирическую меру состояний, определенное по измерительной шкале. Последующее установление связи значений данной величины с переменными состояния позволяет получить эмпирические уравнения состояния, которые будут выступать в виде законов коллективного поведения всех объектов в целом. *Результаты:* авторами предложена схема построения измерительных шкал для двух опорных состояний эталонного объекта. Разработан алгоритм выбора эталонного объекта, наиболее удовлетворяющего условиям линейности процесса своего развития в многомерном пространстве. На конкретном примере на основе построенных интервальной шкалы и шкалы отношений с использованием возможностей пакета Statistica, а также подключением внешнего макроса, позволяющего автоматизировать выбор эталонного процесса, даны численные оценки состояний всех регионов России по двум показателям внешнеэкономической деятельности. Получены эмпирические уравнения состояния, характеризующие положение и развитие регионов России по факту ведения внешнеэкономической деятельности. Результаты проведенных исследований подтвердили возможность практического применения предложенного метода для комплексного измерения состояний социально-экономических объектов.

Ключевые слова: эконометрика, комплексные измерения,

социально-экономические объекты, построение измерительных шкал, эталонный объект, опорные состояния, уравнения состояния.

DOI: 10.17308/meps.2021.2/2534

Введение

Сегодня одна из актуальных задач эконометрики связана с проблемой измеримости состояний социально-экономических объектов по совокупности показателей. Решение этой проблемы позволяет получить уравнения состояния, определяющие взаимосвязь свойств объектов.

В настоящее время применяются различные модели, характеризующие развитие территориальных социально-экономических объектов на основе описания их состояний [2, 5, 9, 10, 12]. Однако следует отметить, что проблема объективного измерения состояний объектов по комплексу показателей в эконометрике до конца не решена.

Комплексная оценка состояний социально-экономических объектов связана с созданием количественных шкал для измерения состояний объектов в многомерных пространствах переменных и разработкой алгоритмических операций для реализации процессов измерений. Комплексные измерения позволяют каждому наблюдаемому состоянию присвоить некое число, определенное по измерительной шкале. В данном исследовании таким числом θ является некоторая геометрическая мера в многомерном пространстве состояний. Последующее установление связи значений этой величины с переменными состояниями позволяет получить эмпирические уравнения состояния, которые будут выступать в виде законов коллективного поведения всех объектов в целом [1, 14]:

$$\theta = f\left(z_1/z_{1_0}, z_2/z_{2_0}, \dots, z_n/z_{n_0}\right), \quad (1)$$

где z_1, z_2, \dots, z_n – значения показателей состояния объектов для объектов одного класса; $z_{1_0}, z_{2_0}, \dots, z_{n_0}$ – значения показателей опорного состояния.

Система построения измерительных шкал досконально проработана в термометрии [6, 13, 15]. На основе полученных шкал величин и уравнений состояний строится количественная теория предметной области. В целом теория измерений в конкретной предметной области представляет собой систему квалиметрического перехода от качественных оценок состояний к соответствующим количественным оценкам [4].

Данная статья направлена на разработку метода измерения состояний социально-экономических объектов по нескольким показателям на основе применения геометрических мер сходства и построения шкал, позволяющих провести попарное сравнение состояний объектов между собой. Для этого используется процедура измерений по отношению к состоянию опорного объекта.

Рабочая гипотеза данного исследования состоит в применении феноменологического подхода и методов многомерного эконометрического шка-

лирования при комплексной оценке социально-экономических процессов, что позволяет получить эмпирические модели коллективного поведения объектов в виде уравнений состояния.

Методология исследования

При моделировании социально-экономических систем возникает ряд важных задач, решение которых возможно только на основе проведения комплексных измерений по отношению к состояниям объектов, которые характеризуются перечнем нескольких показателей. Такую оценку обычно проводят сопоставлением количественных характеристик изучаемых объектов со значениями измерительных шкал. Шкалы строятся на основе задания линейного эталонного процесса развития некоторого эталонного объекта и выбора двух его опорных состояний (рис. 1). Это так называемый метод двух точек. Для получения необходимой информации проводят последующую обработку результатов измерений по всей группе анализируемых объектов.

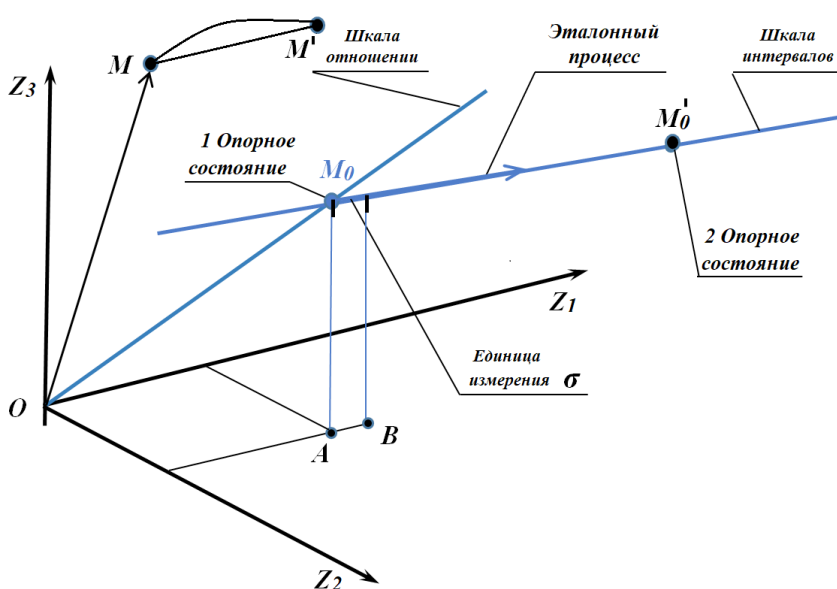


Рис. 1. Схема построения измерительных шкал на основе двух опорных состояний эталонного объекта

Вполне понятно, чем выше степень соответствия состояний объектов их комплексным мерам сходства, тем больше информации можно получить при обработке данных. Наиболее информативными шкалами являются шкалы отношений и интервалов.

Шкалы интервалов имеют условное начало отсчета и характеризуются произвольно выбранной величиной единицы измерения (величиной интервала), причем расстояния между делениями равноудалены друг от друга. На интервальной шкале допустимы действия сложения и вычитания

интервалов. Данный класс шкал можно применять при расчете различных статистик (например, среднего арифметического, моды, медианы, стандартного отклонения и т.д.). Шкала интервалов некой измеряемой величины M описывается зависимостью $M = M_0 + h[M]$, где M_0 – начало отсчета; h – числовое значение величины; $[M]$ – единица измерения данной величины, которая соответствует величине σ в целочисленных значениях. Соответствующую шкалу можно получить следующим образом. Задаются две опорных точки M_0 и M'_0 , и одна из них (M_0) принимается за начало отчета (рис. 1). Расстояние между этими точками задает основной интервал, а величин $(M_0M'_0)/n = \sigma$ – принимается за единицу измерения. Количество одинаковых интервалов n обычно принимается равным 100.

Среди количественных шкал интервальная шкала является самой слабой с точки зрения информативности, но самой сильной в плане надёжности оценок. Типичные примеры шкал интервалов – летоисчисление по разным календарям, температурные шкалы Фаренгейта, Цельсия и Реомюра, высота местности и т.д.

Из количественных шкал в научной и практической деятельности наиболее часто встречаются шкалы отношений. Шкалы данного типа являются самыми мощными и совершенными и удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка, аддитивности и пропорциональности. Эти шкалы имеют абсолютный ноль и единицы измерения, принимаемые по соглашению. Формально шкалу измерений этого типа можно рассматривать как шкалу интервалов с абсолютным началом отсчета в многомерном пространстве, где значения всех переменных состояния равны нулю.

Шкала отношений совместима со всеми методами статистического анализа и может использовать среднее, медиану, моду, дисперсию, стандартное отклонение и т.д. [7]. Шкалы массы и длины, шкала Кельвина – это всё шкалы отношений.

В данном исследовании измерения проводились на основе построения интервальной шкалы (шкала $M_0M'_0$, рис. 1) и шкалы отношений (шкала OM_0 , рис. 1). Для сравнения между собой состояний и процессов развития социально-экономических объектов определялся эталонный объект и эталонный процесс (линейный процесс $M_0M'_0$, рис. 1), относительно которых проводились основные измерения. Мера θ , используемая для комплексных измерений состояний объектов, выбиралась в виде отношения модулей радиус-вектора, проведенного из начала координат к произвольному состоянию M , к единице измерения σ : $\theta = |MM'|/\sigma$. Для измерений в интервальных шкалах задавались две опорные точки (M_0 и M'_0), а для измерения в шкалах отношений – одна (M_0). Между интервальной шкалой $M_0M'_0$ и шкалой отношений OM_0 легко устанавливается связь через величину σ , которая условно принята за единицу измерения в обеих шкалах.

Наиболее важным при построении шкал измерения является процедура выбора эталонного объекта, который должен удовлетворять условиям

линейности процесса своего развития в многомерном пространстве. Путем перебора всех изучаемых объектов в качестве эталонного выбирался объект, который больше всех соответствовал этому условию.

В целом процедура выбора эталонного объекта, эталонного процесса и опорных состояний заключалась в следующем.

В n -мерном пространстве $H^n \{z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{n,i}\}$, охватывающем все наблюдаемые состояния исследуемых объектов R_l ($l \in [1, m]$), состояние каждого из объектов характеризуется значениями показателей $z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{n,i}$ и в каждый момент времени i ($i \in [G_i, G_k]$) отображается точкой $M_{i,l} = (z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{n,i})$. Перебор групп показателей позволяет изучать объекты и процессы их развития в различных аспектах, например, в реальном секторе экономики, внешнеэкономической деятельности, финансовом секторе и т.д. В свою очередь, расчеты по годам позволяют оценить тенденции, закономерности, особенности и темпы развития соответствующих объектов. Процесс развития социально-экономических объектов (в данном случае регионов) описывался, исходя из оценки изменения состояний объектов в каждый из рассматриваемых периодов времени, например, за период с 2003 по 2018 год с шагом 1 год.

Расстояние между двумя состояниями в пространстве H^n за заданный промежуток времени, например, между точками M и M' задавалось в виде евклидова расстояния. Естественно, что реальный процесс (процесс MM' , рис. 1) будет отображаться за этот же период времени кривой MM' . Таким образом, задача выбора эталонного объекта сводится к поиску минимального отклонения для всех криволинейных процессов развития изучаемых объектов MM' от соответствующих прямых MM' , построенных на начальном M и конечном M' состояниях этих объектов. При этом четко задается определенный период времени. В качестве опорного объекта выбирается объект, для которого соответствующее отклонение минимально.

Общая процедура реализации метода состоит в следующем (рис. 1.). В пространстве состояний объектов (H^n) выберем линейный процесс $M_0M'_0$ для заданного объекта с опорным состоянием M_0 . Схема алгоритма поиска эталонного объекта приведена на рисунке 2. На процессе $M_0M'_0$ выбираем второе опорное состояние M'_0 . Опорные состояния соответствуют начальному и конечному времени сбора статистических данных.

Длины отрезков в евклидовом пространстве будем искать в виде:

$$l_{ab} = \sqrt{(z_{1b} - z_{1a})^2 + (z_{2b} - z_{2a})^2 + \dots + (z_{nb} - z_{na})^2}, \quad (2)$$

где a и b – начало и конец некоего отрезка ab .

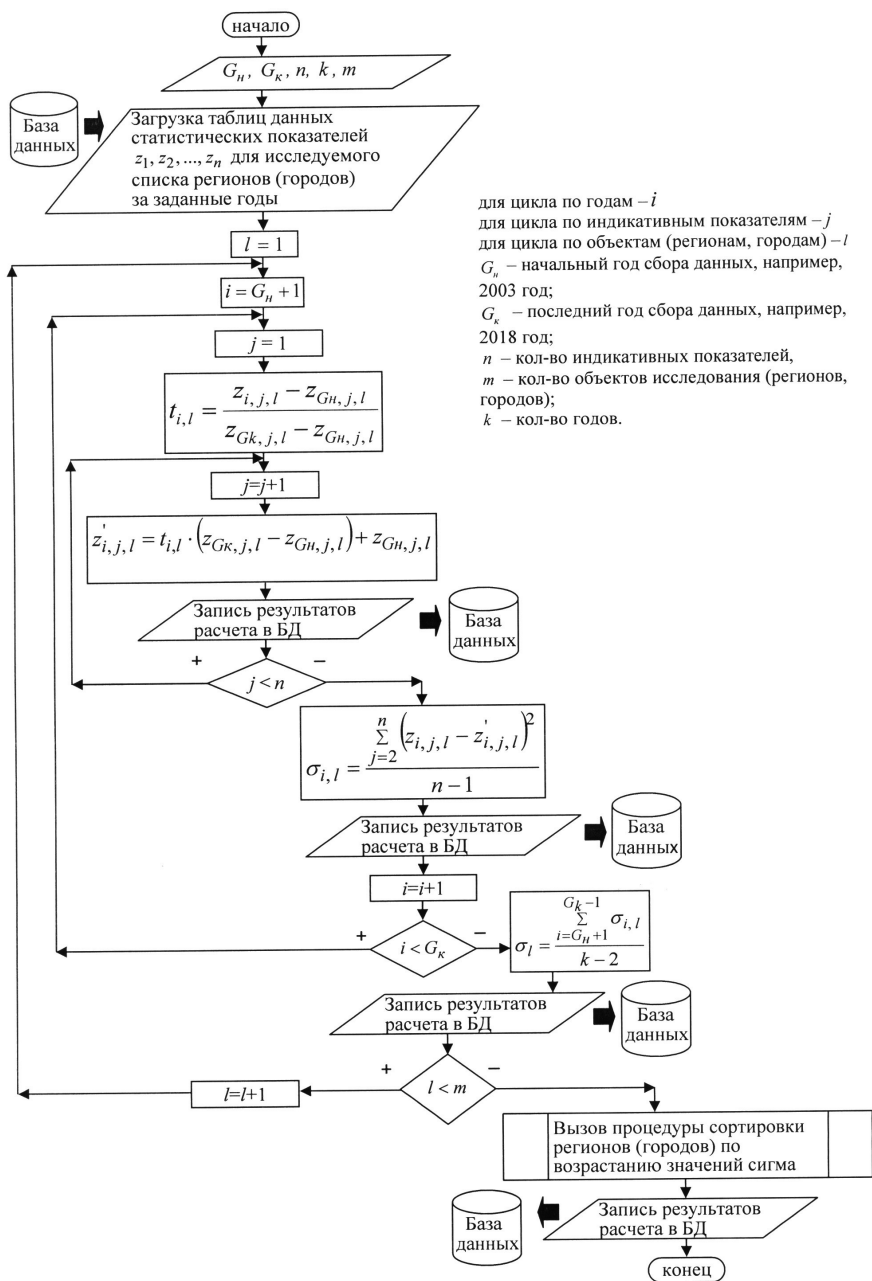


Рис. 2. Блок-схема реализации алгоритма выбора эталонного объекта

Таким образом, для каждого объекта можно построить линейное уравнение между состояниями M и M' в виде многомерной прямой для четко заданного периода времени. В параметрическом виде данное уравнение представляется следующим образом:

$$\frac{z_{G_{i-1}} - z_{G_{i-1}}}{z_{G_{\hat{e}-1}} - z_{G_{i-1}}} = \frac{z_{G_{i-2}} - z_{G_{i-2}}}{z_{G_{\hat{e}-2}} - z_{G_{i-2}}} = \frac{z_{G_{i-3}} - z_{G_{i-3}}}{z_{G_{\hat{e}-3}} - z_{G_{i-3}}} = \dots = \frac{z_{G_{i-n}} - z_{G_{i-n}}}{z_{G_{\hat{e}-n}} - z_{G_{i-n}}} = t. \quad (3)$$

Здесь $z_{G_{i-1}}, z_{G_{i-2}}$ – значения 1-го и 2-го индикативных показателей за i -й год ($i \in [G_i - 1; G_{\hat{e}} - 1]$); $z_{G_{\hat{e}-1}}, z_{G_{i-1}}$ – значения 1-го индикативного показателя за конечный и начальный год соответственно. Первое опорное состояние при построении прямой соответствует начальной точке $M(z_{G_{i-1}}, z_{G_{i-2}}, \dots, z_{G_{i-n}})$ (2003 год), а второе – конечной точке $M'(z_{G_{k-1}}, z_{G_{k-2}}, \dots, z_{G_{k-n}})$ (2018 год).

В соответствии с алгоритмом, представленном на рис. 2, опираясь на уравнение многомерной прямой (3), по значению 1-го индикативного показателя (т.е. $j=1$) определяем значения параметра $t_{i,l}$ по формуле:

$$t_{i,l} = \frac{z_{i,j,l} - z_{G_i,j,l}}{z_{G_k,j,l} - z_{G_i,j,l}} \quad (\text{при } j=1). \quad (4)$$

Здесь $t_{i,l}$ – параметр линейного уравнения, заданного в параметрическом виде; $z_{i,j,l}$ – значение j -го показателя за i -й год ($i \in [G_i - 1; G_k - 1]$) для l -го объекта исследования (региона); G_H – начальный год сбора данных; G_k – конечный год сбора данных.

Затем на основе полученных данных $t_{i,l}$ пересчитываем значения показателей $z'_{i,j,l} = t_{i,l} \cdot (z_{G_{\hat{e}},j,l} - z_{G_i,j,l}) + z_{G_i,j,l}$ для случая линейной зависимости при $j \in [2, n]$, где n – количество учитываемых показателей. Далее определяем ошибку отклонения кривой развития процесса от прямой по всем показателям:

$$\sigma_{i,l} = \frac{\sum_{j=2}^n (z_{i,j,l} - z'_{i,j,l})^2}{n-1}. \quad (5)$$

Осуществляя цикл расчетов по всем годам $i \in [G_{i+1}, G_{\hat{e}-1}]$ и всем объектам, находим ошибку отклонения кривой развития процесса от прямой для каждого объекта исследования:

$$\sigma_l = \frac{\sum_{i=G_i+1}^{G_k-1} \sigma_{i,l}}{k-2}. \quad (6)$$

Процедура ранжирования объектов по минимальному значению σ_l позволяет выбрать эталонный объект с минимальным отклонением кривой развития MM' от соответствующей многомерной прямой линии MM' . На основе приведенной блок-схемы алгоритма (рис. 2) разработана подпрограмма выбора эталонного объекта.

Вся обработка данных проводилась в программном продукте Statistica, которая дает возможность создавать и подключать макросы, написанные на языке программирования Statistica Visual Basic. Это встроенный язык про-

граммирования среды Statistica, позволяющий пользоваться преимуществами архитектуры Statistica и создавать макросы как во встроенной среде программирования, так и подключать программы, написанные на Visual Basic других приложений (например, Microsoft Excel).

Так как стандартные функции Statistica не позволяют провести необходимые вычисления на основе предложенного нами алгоритма (рис. 2), был разработан внешний макрос, позволяющий автоматизировать выбор эталонного процесса для описания развития регионов.

В процессе расчетов было выявлено, что Белгородская, Курская и Ростовская области имеют минимальное значение σ_i для периода времени с 2003 по 2018 год, поэтому в качестве эталонного объекта для построения измерительной шкалы была выбрана Белгородская область.

Пример разработки измерительной шкалы и построение уравнения состояния

Создание измерительной шкалы позволяет построить математические модели коллективного поведения объектов в виде уравнений состояния регионов России. Для примера получим соответствующую модель, характеризующую положение и развитие регионов России по факту ведения внешне-экономической деятельности.

Рассмотрим процесс построения шкалы θ и проведения сравнительных расчетов по оценке положения регионов. Для этого выполним анализ развития субъектов России по показателям, характеризующим экономический статус региона: экспорт товаров и услуг z_1 ; импорт товаров и услуг z_2 ; региональный валовой продукт z_3 . Источник исходной информации – данные Росстата [3], единицы измерения – \$ США/чел. В качестве меры сходства состояний в пространстве показателей H^3 принято евклидово расстояние (2).

Статистический анализ данных показал, что региональный валовой продукт z_3 и показатели экспорта z_1 и импорта z_2 плохо совместимы в одной группе показателей, так как наблюдается факт наличия мультиколлинеарности. Поэтому обработка данных проверена по показателям внешней торговли регионов. При этом удельные показатели экспорта и импорта товаров и услуг выступали в качестве переменных состояния.

После выбора опорного объекта строилась шкала интервалов $M_0M'_0$ с учетом известных значений показателей Белгородской области в 2003 и 2018 годах. Определялось расстояние между точками M_0 и M'_0 , которое делилось на 100 частей для определения величины σ . Далее формировалась шкала отношений θ с единицей измерения σ (длина отрезка σ составила 15,61, что принято условно за 1 градус). При этом в 2003 году величина $\theta_0 = 31,92^\circ \hat{A}$. Исходя из этого, состояние (положение) каждого региона в любой год, для которого имеются статистические данные наблюдений, можно измерить в шкале θ . Более подробно процедура построения измерительных шкал изложена в статье [11].

На основе проведенных измерений для состояний всех регионов России были получены 1280 значений величины θ (всего 80 регионов и 16 лет наблюдений). Результаты сравнительной оценки развития регионов России по комплексу показателей z_1, z_2 в шкале θ могут быть описаны следующими регрессионными уравнениями состояния (рис. 3):

$$\text{для 2003 года } \theta = 27,88 \left(z_{24}/z_{24_0} \right)^{0,603} \left(z_{25}/z_{25_0} \right)^{0,379}, \quad (7)$$

$$\text{для 2015 года } \theta = 30,64 \left(z_{24}/z_{24_0} \right)^{0,583} \left(z_{25}/z_{25_0} \right)^{0,357}, \quad (8)$$

$$\text{для 2018 года } \theta = 32,28 \left(z_{24}/z_{24_0} \right)^{0,562} \left(z_{25}/z_{25_0} \right)^{0,341}. \quad (9)$$

Коэффициенты корреляции уравнений (7)–(9) равны 0,98, 0,98 и 0,96.

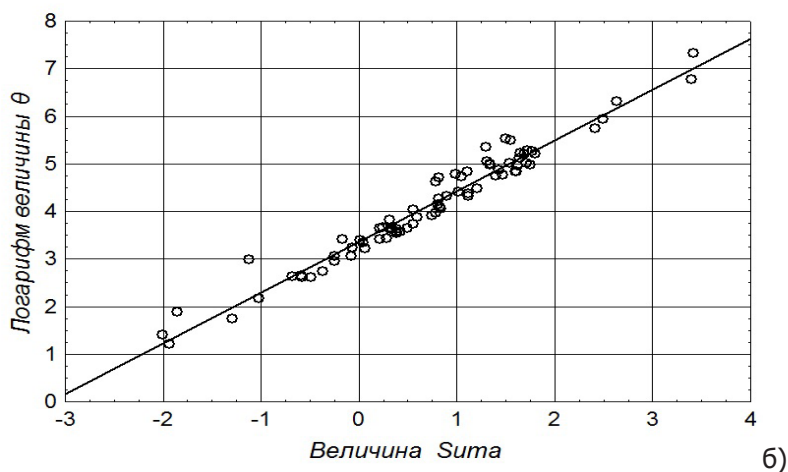
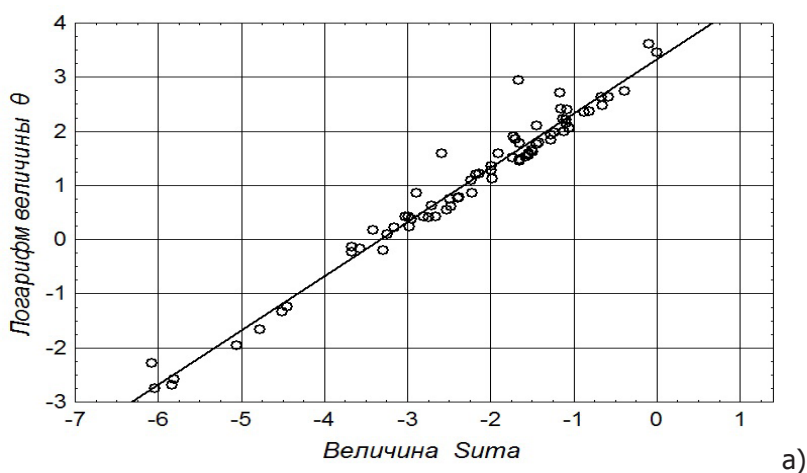


Рис. 3. График изменения величины θ от значений экспорта (z_1) и импорта (z_2) товаров и услуг для регионов России:

а) 2003 год: $Suma = 0,603 \ln(z_1/z_{1_0}) + 0,379 \ln(z_2/z_{2_0})$;

б) 2015 год: $Suma = 0,583 \ln(z_1/z_{1_0}) + 0,357 \ln(z_2/z_{2_0})$

Установленные таким образом уравнения состояний позволяют провести сравнение регионов России по уровню и темпам их развития в различных сферах деятельности [8, 11], при этом могут рассматриваться группы, объединяющие от 2 до 7 показателей.

Заключение

Таким образом, использование естественнонаучных подходов, направленных на реализацию возможности комплексного сравнения состояний объектов путем создания измерительных шкал, позволяет установить закономерности коллективного поведения однородных социально-экономических объектов. Для сравнения состояний объектов между собой в качестве геометрической меры сходства можно использовать евклидовое расстояние, характеризующее состояние объекта в многомерном пространстве показателей. В этом случае возможно построение шкалы измерений в виде отношения мер сходства изучаемого и эталонного объектов. На основе измеренных значений в комплексной шкале могут быть получены уравнения состояний объектов, которые отражают статистические закономерности поведения группы однородных объектов в целом. На практическом примере показан процесс построения шкалы измерений состояний регионов России по двум показателям внешнеэкономической деятельности и получения соответствующих уравнений состояний. Данные уравнения позволяют определить ранги развития регионов, исходя из эффективности ведения той или иной деятельности. Также возможна оценка тенденций развития объектов в пространстве выбранных показателей на основе использования имеющихся ретроспективных статистических данных.

Список источников

1. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. О справедливости принципа соответственных состояний для систем различной природы // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*, 2017, no. 16(265), вып. 43, с. 104-112.
2. Баева Н.Б., Куркин Е.В. Модели и методы формирования траекторий эволюционного развития региональной социально-экономической системы // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 3, с. 8-17.
3. База данных Федеральной службы государственной статистики. Доступно: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 29 января 2021).
4. Витяев Е.Е. *Извлечение знаний из данных. Компьютерное познание. Модели когнитивных процессов*. Новосибирск, издательство Новосибирского государственного университета, 2006.
5. Гетманцев К.В. Основы использования метода расстояний в исследованиях экономического пространства региона // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2020, no. 12, с. 174-187.
6. Гухман А.А. *Об основаниях термодинамики*. Москва, Энергоатомиздат, 1986.
7. Клигер С.А., Косолапов М.С., Толстова Ю.Н. *Шкалирование при сборе и анализе социологической информации*. Москва, Наука, 1978.
8. Михайлова А.А., Звягинцева А.В. Региональные особенности развития субъектов Российской Федерации, исходя из анализа статистических данных // *Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе*, 2017, no. 1(12)–2(13), с. 44-62.
9. Пискун Е.И., Кудревич В.В. Анализ дисбалансов регионального развития // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2016, no. 1, с. 184-193.

10. Шульгина Е.А., Чекмарев А.В., Юрова Я.А. Регрессионно-матричное моделирование в системно-сбалансированном прогнозировании социально-экономических процессов // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2019, no. 1, с. 8-21.
11. Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S., Svetsova A.A. Method and Criteria for Assessing the Sustainable Development // *The Journal of Social Sciences Research*, 2018, Special Issue 1, vol. 4, 11, pp. 106-112.
12. *Econophysics and sociophysics: trends and perspectives* / B. Chakrabarti, A. Chakraborti, A. Chatterjee (eds.). Berlin, Wiley-VCH, 2006.
13. Krantz D.H., Zuse R.D., Suppes P., Tversky A. *Foundations of measurement*, Vol. 1. NY and London, Acad. press, 1971.
14. *Mathematical modeling of collective behavior in socio-economic and life sciences* / G. Naldi, L. Pareschi, G. Toskani (eds.). Berlin, Springer, 2010.
15. Pfanzagl J. *Theory of measurement. 2nd revised edition*. Physica-Verlag. Wurzburg–Wien, 1971.

ABOUT COMPLEX DIMENSION OF THE STATES OF SOCIO-ECONOMIC OBJECTS

Shvetsova Angela Alexandrovna¹, Assist. Prof.

Averin Gennady Viktorovich², Dr. Sc. (Tech.), Prof.

Zviagintseva Anna Viktorovna², Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy st., 85, Belgorod, Russia, 308015; e-mail: mikhajjlovaangela@yandex.ru

² Donetsk National University, Universitetskaya st., 24, Donetsk, 283001; e-mail: averin.gennadiy@gmail.com; anna_zv@ukr.net

Purpose: to development of a method for measuring the state of socio-economic objects by a set of indicators using geometric similarity measures and constructing scales that allow for pair wise comparison of objects with each other. *Discussion:* given that the problem of objective measurement of the states of objects by a set of indicators in econometrics is not fully solved, the authors suggest that in complex measurement, each observed state should be assigned a certain number as an empirical measure of the states determined on a measuring scale. The subsequent establishment of the relationship of the values of this value with the state variables allows us to obtain empirical equations of state, which will act as laws of the collective behavior of all objects as a whole. *Results:* the authors propose a scheme for constructing measurement scales for two reference states of a reference object. An algorithm for selecting the reference object that best meets the conditions of linearity of the process of its development in a multidimensional space is developed. In a specific example, on the basis of interval scales and scales with the use of the Statistica package, as well as connecting external macro that can automate the selection of the reference process, the numerical evaluation of states of all regions of Russia for the two indicators of foreign economic activity. The empirical equations of state describing the position and development of the regions of Russia in the fact of conducting foreign economic activity are obtained. The results of the conducted research confirmed the possibility of practical application of the proposed method for complex measurement of the state of socio-economic objects.

Keywords: econometrics, complex measurements, socio-economic objects, the construction of measurement scales, prototype object, reference states, state equations.

References

1. Averin G.V., Zviagintseva A.V. O spravedlivosti principa sootvetstvennyh sostojanij dlja sistem razlichnoj prirody [On justice of the principle of corresponding conditions for various systems]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudar-*

stvennogo universiteta. Serija: *Jekonomika. Informatika*, 2017, no. 16 (265), Iss. 43, pp. 104-112. (In Russ.)

2. Baeva N.B., Kurkin E.V. Modeli i metody formirovaniya traektorij jevoljucionnogo razvitija regional'noj social'no-jekonomicheskoj sistemy [Models and methods of trajectory forming of evolutionary development of regional social-economics system]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i resheniia*, 2015, no. 3, pp. 8-17. (In Russ.)

3. Baza dannyh Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Database of Federal State Statistics Service]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 29.01.21).

4. Vityaev E.E. *Izvlechenie znaniy iz dannyh. Komputernoe poznanie. Modeli kognitivnyh processov* [Extracting knowledge from data. Computer cognition. Models of cognitive processes]. Novosibirsk, Novosib. gos. un-t, 2006. (In Russ.)

5. Getmantsev K.V. Osnovy ispolzovaniya metoda rasstoyaniy v issledovaniyah ekonomicheskogo prostranstva regiona [The bases of the distances method in the regional economic space researches]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i resheniia*, 2020, no. 12, pp. 174-187. (In Russ.)

6. Gukhman A.A. *Ob osnovaniyah termodynamiki* [On the grounds of thermodynamics]. Moscow, Energoatomizdat, 1986. (In Russ.)

7. Kliger S.A., Kosolapov M.S., Tolstova U.N. *Shkalirovanie pri sbore i analize sociologicheskoy informacii* [Scaling in the collection and analysis of sociological information]. Moscow, Nauka, 1978. (In Russ.)

8. Mikhailova A.A., Zviagintseva A.V. Regional'nye osobennosti razvitija sub"ektov Rossijskoj Federacii, ishodka iz analiza

statisticheskikh dannyh [Regional features of development of subjects The Russian Federation, based on the analysis of statistical data]. *Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshchestve*, 2017, no. 1(12)-2(13), pp. 44-62. (In Russ.)

9. Piskun E.I., Kudrevich V.V. Analiz disbalansov regional'nogo razvitija [The analysis of imbalances in the regional development]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i resheniia*, 2016. no. 1, pp. 184-193. (In Russ.)

10. Shulgina E.A., Chekmarev A.V., Yurova Y.A. Regressionno-matrichnoe modelirovanie v sistemno-sbalansirovannom prognozirovanii social'no-jekonomicheskikh processov [Regression-matrix modeling is system-balanced forecasting of socio-economic processes]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i resheniia*, 2019, no. 1, pp. 8-21. (In Russ.)

11. Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S., Svetsova A.A. Method and Criteria for Assessing the Sustainable Development. *The Journal of Social Sciences Research*, 2018, Special Issue 1, vol. 4, 11, pp. 106-112.

12. *Econophysics and sociophysics: trends and perspectives* / B. Chakrabarti, A. Chakraborti, A. Chatterjee (eds.). Berlin, Wiley-VCH, 2006.

13. Krantz D.H., Zuse R.D., Suppes P., Tversky A. *Foundations of measurement*. Vol. 1. NY and London, Acad. press, 1971.

14. *Mathematical modeling of collective behavior in socio-economic and life sciences* / G. Naldi, L. Pareschi, G. Toscani (eds.). Berlin, Springer, 2010.

15. Pfanzagl J. *Theory of measurement*. 2nd revised edition. Physica-Verlag. Wurzburg-Wien, 1971.